

элемента постепенное снижение механической нагрузки со стороны контакта в цепи короткозамкнутого кольца сопровождается возрастанием нагрузки со стороны контакта в цепи подогрева электродов лампы. Выбор оптимального варианта воздействия свободного конца на контакт в цепи подогрева электродов лампы зависит от особенностей конструкции пускорегулирующего аппарата, мощности лампы, условий эксплуатации и других факторов.

Поскольку независимо от принципа взаимодействия свободного конца с элементами размыкающих контактов контактирующие поверхности должны расходиться мгновенно, это размыкание должно происходить после изменения радиуса кривизны сферического сегмента. Перемещение свободного конца до изменения знака радиуса кривизны должно происходить в пределах величины провала контактов.

Размыкание контактов может осуществляться не только закрепленным на сферическом сегменте свободным концом. Возможно, в частности, и конструктивное исполнение, при котором контакты размыкаются посредством отдельно установленного рычага, на который воздействует закрепленный на вершине сегмента стержень.

1.Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б.Айзенберга. – М.: Энергоиздат, 1995. – 528 с.

2.Аветисов Г.Э., Брезинский В.Г., Намитоков К.К. Термозлектромагнитный стартер для люминесцентных ламп // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн.сб. Вып. 18. – К.: Техніка. 1999. – С.178-180.

3.Патент України № 34354 А, кл. Н 05 В 41/02, 2001.

4.Патент України № 36837 А, кл. Н 05 В 41/02, 2001.

5.Кашпар Ф. Термобиметаллы в электротехнике. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1961. – 448 с.

Получено 21.01.2002

УДК 621.327.534

Е.А.МВУДЖО

Харьковская государственная академия городского хозяйства

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМЫ ТОКА В СХЕМЕ СТАБИЛИЗАЦИИ КОМПЛЕКТА "РАЗРЯДНАЯ ЛАМПА – ИНДУКТИВНЫЙ БАЛЛАСТ" С ПРИМЕНЕНИЕМ СИНУСКВАДРАТИЧНОЙ АППРОКСИМАЦИИ ДИНАМИКИ ПРОВОДИМОСТИ ПЛАЗМЫ РАЗРЯДА

Предложена методика исследования формы тока в схеме стабилизации режима работы разрядной лампы с индуктивным балластом на основе новой формы аппроксимации проводимости лампы.

В работе [1] на основе анализа динамики столкновительных процессов в плазме газового разряда низкого давления (НД) на перемен

ном токе промышленной частоты показано, что зависимость проводимости плазмы от времени $g(t)$ на протяжении полупериода разряда можно аппроксимировать выражением в форме синусквадратичной функции времени вида

$$g(t) = G_0 \sin^2 \omega t, \quad (1)$$

где G_0 — максимальная проводимость при $\omega t = \pi/2$; $\omega = 2\pi f$; f — рабочая частота (50 Гц).

В монографии [2] рекомендовано использовать эту аппроксимацию для расчета формы тока в цепях с газоразрядными элементами. Так, для цепи "разрядная лампа — индуктивный ПРА" в приближении, когда можно пренебречь активными потерями, основное уравнение такой цепи можно записать в виде

$$L \frac{di_L}{dt} + r_L i_L = U_c \sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi), \quad (2)$$

где $r_L = r_L(t) = [g(t)]^{-1}$ — сопротивление плазмы разрядной лампы; U_c — действующее значение сетевого напряжения; φ — сдвиг фазы между током лампы $i_L(t)$ и сетевым напряжением $u_c(t)$.

Введя обозначения

$$\omega t = x, \quad \frac{1}{G_0 \omega L} = \frac{R_0}{\omega L} = A, \quad \frac{i_L(t)}{U_c \sqrt{2} / \omega L} = f(x), \quad (3)$$

можно привести (2) к выражению

$$f'(x) + \frac{A}{\sin^2 x} f(x) = \sin(x + \varphi). \quad (4)$$

Решение этого уравнения целесообразно искать в виде ряда Фурье, который с учетом симметрии III рода функции $f(x)$ представляется выражением

$$f(x) = \sum_{k=0}^{\infty} [b_{2k+1} \sin(2k+1)x + a_{2k+1} \cos(2k+1)x]. \quad (5)$$

Начальное условие для $f(x)$ имеет вид

$$f(x=0) = f(x=\pi) = 0. \quad (6)$$

После подстановки (5) в (4) и некоторых преобразований получаем уравнение вида

$$\sum_{k=0}^{\infty} \{ (2k+1)a_{2k+1} \sin(2k-1)x - (2k+1)b_{2k+1} \cos(2k-1)x - 2(2k+1) \times \\ \times a_{2k+1} \sin(2k+1)x - 2(2k+1)b_{2k+1} \cos(2k-1)x - (2k+1)b_{2k+1} \times \\ \times \cos(2k-1)x - 2(2k+1)x - 4A[a_{2k+1} \cos(2k+1)x + b_{2k+1} \times \\ \times \sin(2k+1)x] \} = 3 \cos \varphi \sin x + \sin \varphi \cos x - \cos \varphi \sin 3x - \sin \varphi \cos 3x. \quad (7)$$

Как указано в [2], это уравнение решается известным методом гармонического баланса [3] – последовательным приравниванием коэффициентов при $\sin x, \cos x, \sin 3x, \dots$. В результате получаем систему алгебраических уравнений относительно коэффициентов Фурье a_{2k+1}, b_{2k+1} , которую можно решить с заданной степенью точности при известных значениях A и φ .

Рекомендация о целесообразности использования указанной аппроксимации (1) применительно к цепям, содержащим газоразрядные лампы низкого давления и индуктивный балласт, до сих пор не реализована. Ниже предлагается методика расчета указанных цепей, которую можно использовать на стадии предпроектных исследований, когда заданы только действующие значения напряжения (U_L) и тока (I_L) лампы, а также значение параметра $m = U_L / U_c$.

В определение параметра A входит величина $R_0 = G_0^{-1}$. Для установления ее связи с U_L и I_L вычислим усредненное (приведенное) за полупериод значение проводимости лампы \bar{G} :

$$\bar{G} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} g_L(\omega t) d(\omega t) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} G_0 \sin^2 \omega t d(\omega t) = \frac{G_0}{2} = \frac{1}{2R_0}. \quad (8)$$

С другой стороны, представив значение \bar{G} плазмы лампы за полупериод как I_L / U_L , можно найти значение R_0 . Например, для ЛЛ мощностью 40 Вт $U_L = 110$ В, $I_L = 0,43$ А, $\bar{R} = 256$ Ом, $R_0 = 128$ Ом. Кроме того, $m = U_L / U_c = 0,5$ при $U_c = 220$ В.

Сдвиг фаз φ , входящий в уравнение (4), можно выразить в виде

$$\varphi = \arctg \frac{\omega L}{R} = \arctg \frac{\omega L}{2R_0} = \arctg \frac{1}{2A}. \quad (9)$$

Следовательно, задавая разные значения A (т.е. значения ωL при различных значениях R_0), можно определить путем решения уравнения (4) значения a_{2k+1}, b_{2k+1} в функции A .

Система уравнений для определения коэффициентов Фурье, полученная упомянутым методом гармонического баланса из (7), имеет вид

$$\begin{aligned} (a) \quad & -3a_1 + 3a_3 + 4Ab_1 = 3 \cos \varphi; \\ (b) \quad & b_1 - 3b_3 + 4Aa_1 = \sin \varphi; \\ (c) \quad & a_1 - 6a_3 + 4Ab_3 + 5a_5 = -\cos \varphi; \\ (d) \quad & -b_1 + 6b_3 + 4Aa_5 - 5b_5 = -\sin \varphi; \\ (e) \quad & 3a_3 - 10a_5 + 4Ab_5 + 7a_7 = 0; \\ (f) \quad & -3b_3 + 10b_5 + 4Aa_5 - 7b_7 = 0. \end{aligned} \quad (10)$$

Для решения этой системы с заданной точностью с учетом начального условия (7) следует ограничиться определенным числом уравнений. Например, будем искать только значения a_1, a_3, b_1, b_3, b_5 (ввиду хорошей сходимости рядов Фурье такое приближение может оказаться достаточным для инженерных расчетов). В этом случае пренебрегаем членом с b_7 в уравнении (7), а вместо a_7 подставим в уравнение (5) величину $a_7 = -(a_1 + a_3 + a_5)$. Тогда получим систему из шести уравнений с шестью неизвестными, которая без затруднений решается с применением элементарной вычислительной техники. При необходимости обеспечения большей точности расчетов нужно увеличить число уравнений системы (10) с выполнением в них указанных выше преобразований. При этом целесообразно проводить расчеты на ЭВМ по специальным программам.

По указанной методике были рассчитаны функции $a_{2k+1}(A)$, $b_{2k+1}(A)$ в интервале значений $A=0,2 \dots 5,0$. Действующее значение тока I_L можно представить выражением

$$I_L = I_{ef} = \frac{U_c \sqrt{2}}{\omega L} \xi_{ef}, \quad (11)$$

где

$$\xi_{ef} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{[a_1(A)]^2 + [b_1(A)]^2 + [a_3(A)]^2 + [b_3(A)]^2 + \dots} \quad (12)$$

Учитывая определение параметра как $m = U_{\text{л}} / U_{\text{с}}$, из (4) и (5) получаем уравнение для установления рационального значения параметра A для данной схемы стабилизации РЛ:

$$\sqrt{2} A \xi_{\text{ef}}(A) = m / 2. \quad (13)$$

Определение A удобно проводить с помощью специально построенного графика, приведенного на рис.1. В качестве примера покажем определение значения A для ЛЛ мощностью 40 Вт с $m = 110/220 = 0,5$ (см. выше). Видно, что в этом случае рациональное значение данного параметра составляет $A \approx 0,33$ при $R_0 = 128$ Ом (см. выше) и $f = 50$ Гц. Для индуктивности балластного дросселя получаем значение

$$L = \frac{R_0}{\omega A} = \frac{R_0}{\omega \cdot 0,33} \approx \frac{128}{0,28 \cdot 50 \cdot 0,33} = 1,28 \text{ Гн, что соответствует}$$

практически апробированному значению. Величины коэффициентов Фурье получаем следующие: $a_1 = -0,14$, $b_1 = 0,74$, $a_3 = 0,08$, $b_3 = -0,06$, $a_5 = 0,02$, $b_5 = -0,04$, $a_7 = 0,01$, $b_7 = -0,03$, Соответствующая расчетная форма тока, показанная на рис.2, также хорошо соответствует опытным данным [2].

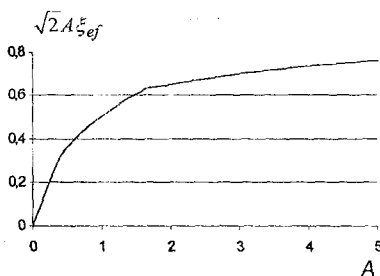


Рис.1 – График для определения значения параметра A

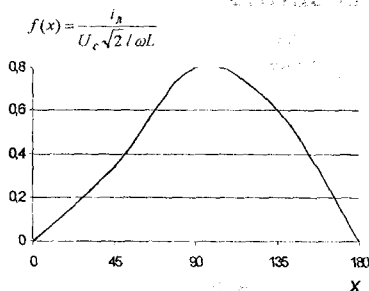


Рис.2 – Расчетная форма тока при значении $A = 0,33$

Таким образом, предлагаемая методика, основанная на рекомендациях [1, 2], является полезной на стадии предварительного проектирования комплектов "РЛ – ПРА", когда известны только значения $U_{\text{л}}$, $I_{\text{л}}$, $U_{\text{с}}$, а форма напряжения на лампе не известна. Последнее обстоятельство весьма существенно, так как не позволяет применить традиционные расчетные методики [4]. Кроме того, значения a_{2x+1} , b_{2x+1} непосредственно определяют гармонический состав тока, который

рекомендуется действующими стандартами при разработке ПРА для тех или других типов ламп, что также является преимуществом этой методики.

1.Намитов К.К., Пахомов П.Л. К расчету электрических цепей, содержащих газоразрядные элементы низкого давления // Изв. вузов СССР: Электромеханика. – 1983. - №10. – С.79-85.

2.Намитов К.К., Пахомов П.Л., Харин С.Н. Математическое моделирование процессов в газоразрядной лампе. – Алма-Ата: Наука, 1988. – 208 с.

3.Заездный А.М. Гармонический анализ в радиотехнике и электросвязи. – Л.: Энергия, 1972. – 528 с.

4.Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б.Айзенберга. – М.: Энергоатомиздат, 1955. – 525 с.

5.ГОСТ 13809-78. Аппараты пускорегулирующие для газоразрядных ламп: Технические условия. – М.: Стандарт, 1981. – 56 с.

Получено 14.01.2002

УДК 628.9.06 : 004.05

Р.Ж.КРУТОВОЙ

Харьковская государственная академия городского хозяйства

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММ РАСЧЕТА ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Рассматриваются основные характеристики типичных программ, используемых для решения светотехнических задач, возникающих при создании проектов осветительных установок различного назначения.

В настоящее время проектирование осветительных установок (ОУ) осуществляется, как правило, с использованием широкого спектра программ, разработанных как фирмами-производителями светотехнического оборудования, так и фирмами-проектировщиками ОУ. Эти программы создавались, исходя из различных задач проектирования с использованием различных алгоритмов вычислений, и предназначены в основном для применения светотехнического оборудования, выпускаемого фирмами-разработчиками.

При разработке проектов ОУ перед коллективом проектировщиков возникают следующие проблемы:

- имеется совокупность светильников с заданными параметрами – нужно выбрать наиболее целесообразный тип светильника и рациональный вариант размещения светильников;
- необходимо оценить выбранный вариант ОУ (тип светильников и их размещение) на соответствие требованиям нормативных документов по освещению;